A 3 dB Hybrid Coupler for 10 GHz

Charles Suckling, G3WDG

Introduction

This technical note describes a 3dB power splitter/combiner for use at 10GHz. It was designed to allow two identical solid state power amplifiers to be combined in a balanced configuration to give (nearly) twice the output power of one of the amplifiers, as shown in Fig 1. The couplers used in this application should have low loss, high isolation between the two output ports (to minimise interactions between the amplifiers), and equal amplitudes at the two outputs. This design uses the classic Riblet sidewall coupler which has all these properties over a reasonable bandwidth. The phase difference between the outputs of the coupler is close to 90 degrees (a quadrature coupler).

The low loss of the coupler and the 90 degree phase difference between the outputs would also make the coupler suitable for generating circular polarisation with a suitable dish feed, as shown in Fig. 2. Both LH and RH signals are available from the two input ports. Should EME operators choose to adopt circular polarisation on 10GHz in the future, this type of coupler could be used to make a reasonably high performance dish feed. (NOTE Most EME operators today are using LINEAR polarisation for good reasons, and I do not see a change to circular as likely!) The large "X" represents the coupler.

A third application for the coupler would be as a directional coupler, for setting up antennas, transitions etc., as shown in Fig. 3. A fourth application, which has been used by the author professionally, is to combine two signal generators when doing intermodulation testing of amplifiers.

The design of a well-proven SMA to waveguide transition is included in this note, and was used in the couplers built by the author to connect to the two amplifiers being combined.

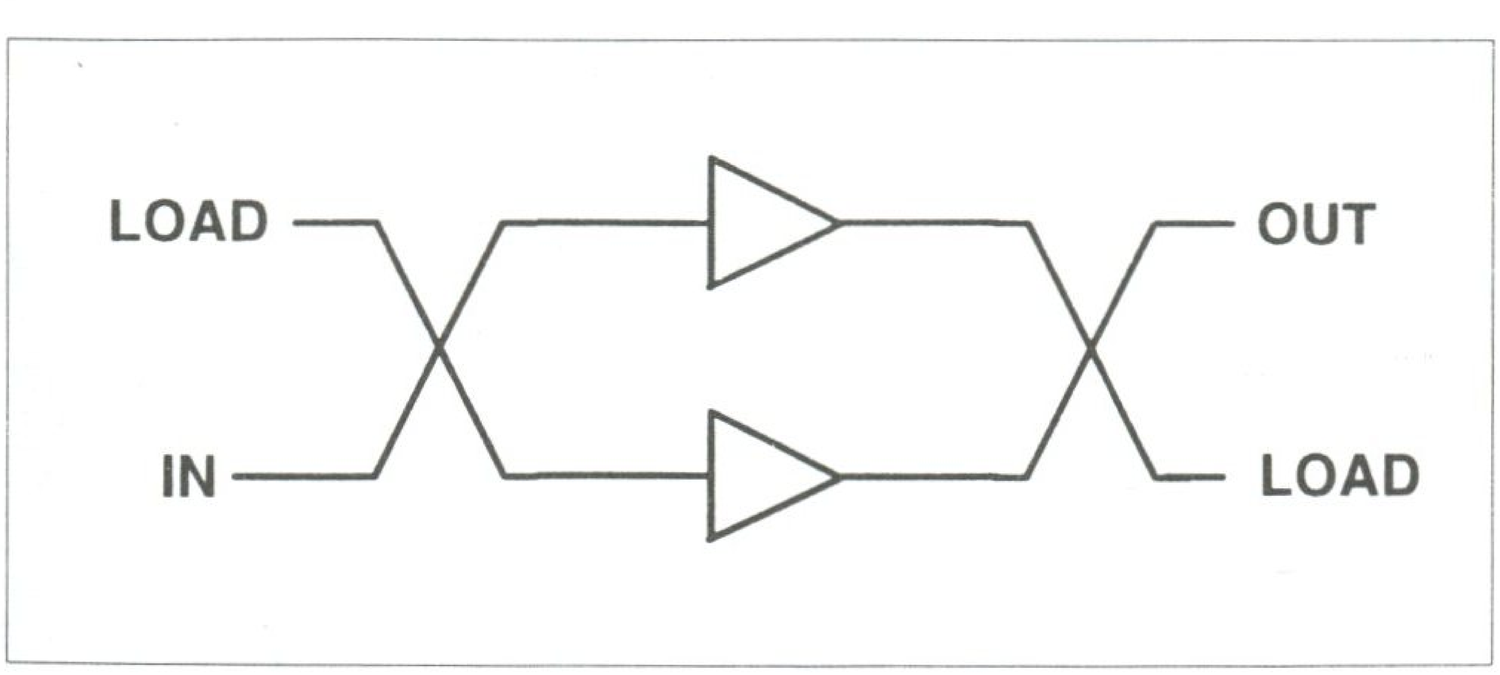


Fig. 1: Balanced Amplifier Configuration

Construction

Constructional details of the coupler are given in Fig 4. Two pieces of brass waveguide (WG16/WR90) are required. One of the sidewalls of the longer piece of waveguide is removed over a length of 41.4mm, by milling out or by drilling small holes close to each other and filing. The shorter waveguide has one of its broad walls removed completely, either by milling, or by careful sawing (I used the second method, using a junior hacksaw and much patience!)

The two waveguides are then soldered together using solder paste and a hotplate. When cool, file or mill square the end where the two coupled ports are to be located, and mark out the holes for the SMA connectors. Drill these holes 4.1mm diameter, and deburr the holes. Drill and tap 2 M2 holes per connector, 5.85mm from the shorting plate locating with diagonal holes in the SMA connector flange. M2 screws up to 4mm thread length can be used to secure the connectors later,

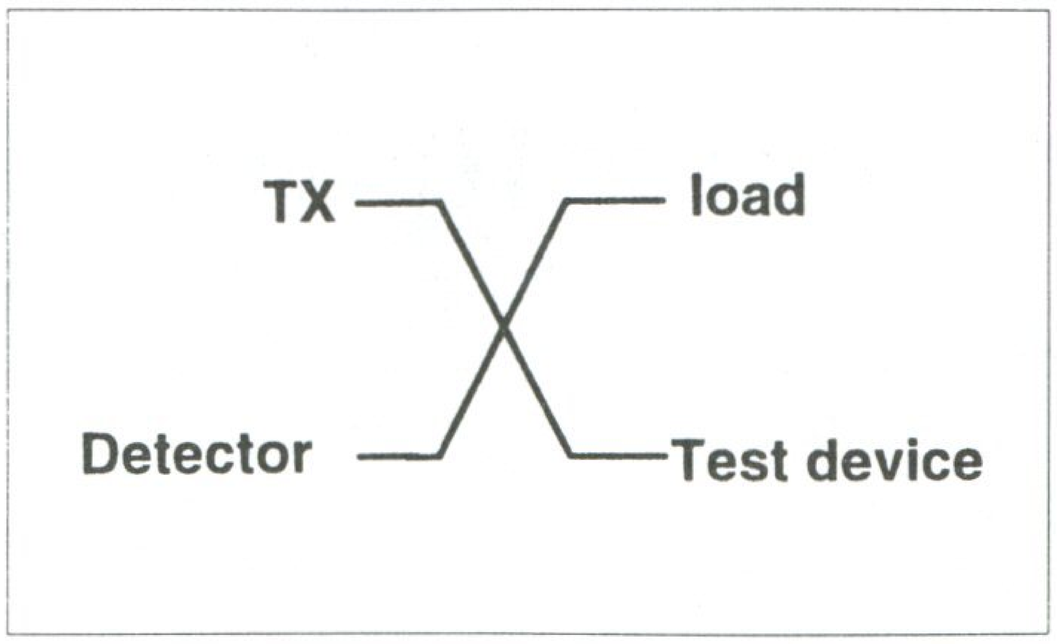


Fig. 2: Coupler to measure VSWR

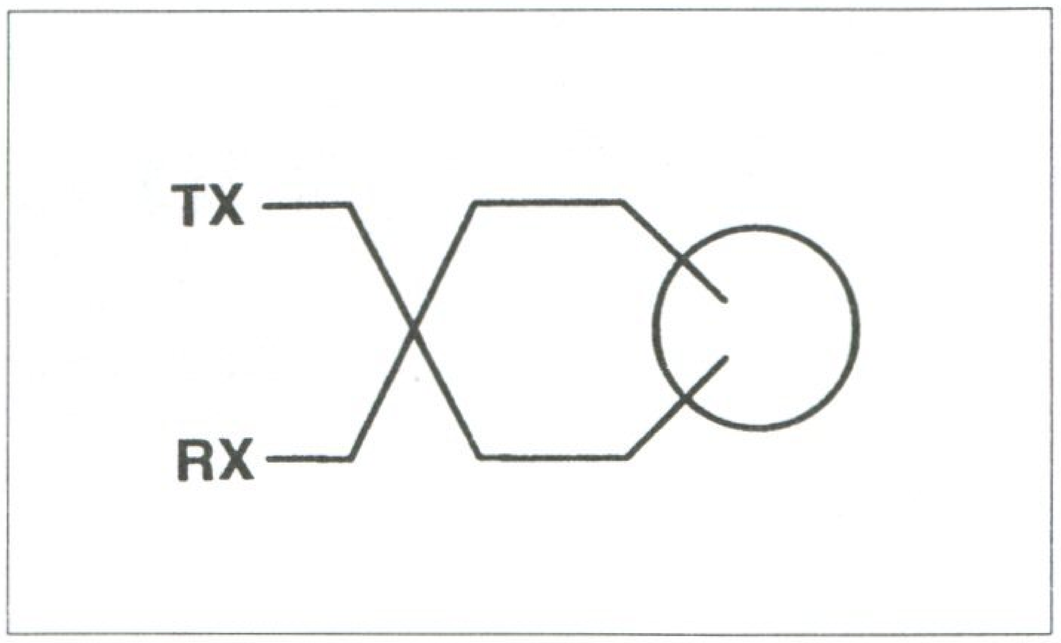
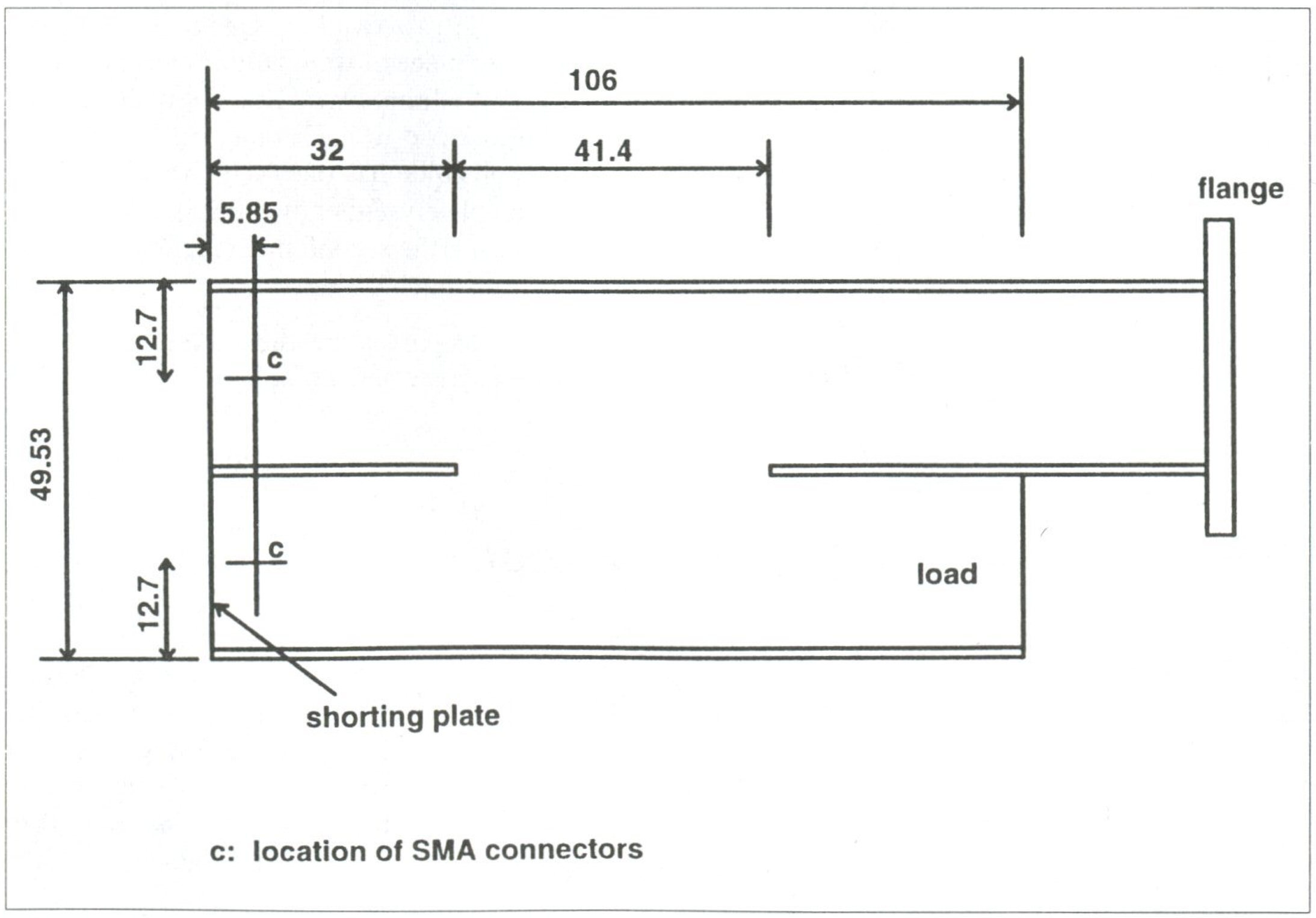


Fig. 3: Generation of CP using coupler and feedhorn

without affecting the VSWR of the transition (it is not necessary to file the screws flush on the inside of the waveguide). The shorting plate (one piece, 49.53mm x 12.7mm) may then be soldered on, using wet cloth around the rest of the assembly to prevent the seam joints from unsoldering. If a waveguide flange is to be used for the other port, this may be soldered on in the same way. I have also used conductive epoxy to fit the shorting plate, which avoids the problem of the the whole assembly falling apart when fitting the end plate and flange! If brazing equipment is available, this could be used to make the seam joints between the waveguides.

The choice of using waveguide flanges or SMA connectors is left to the constructor. As shown in Fig 4, the centres of SMA connectors are located 5.85mm from the shorting plate. If an external load is to be used, an SMA connector and shorting plate

Fig. 4: Construction details of 10 GHz coupler



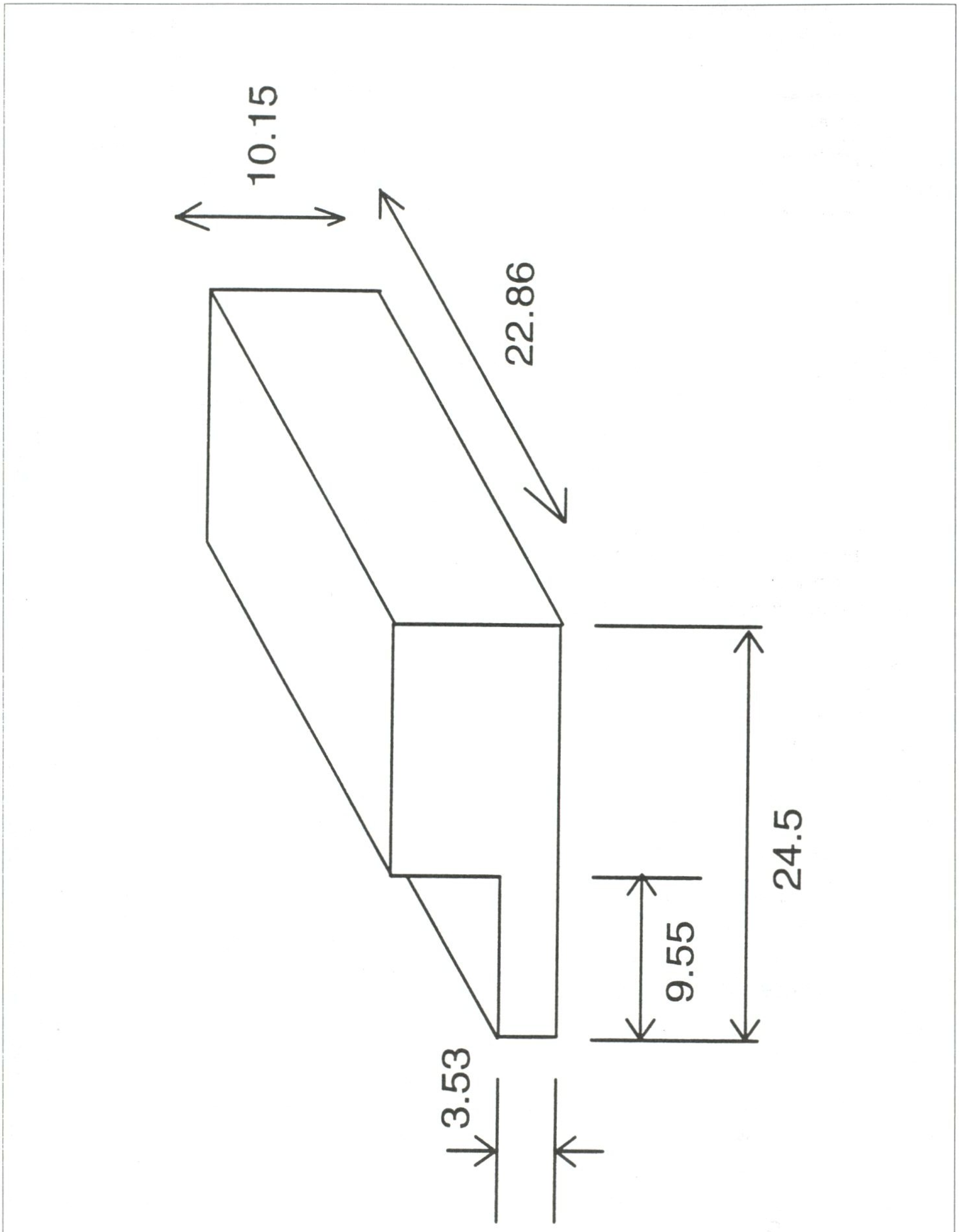


Fig. 5: Details of Solid Load

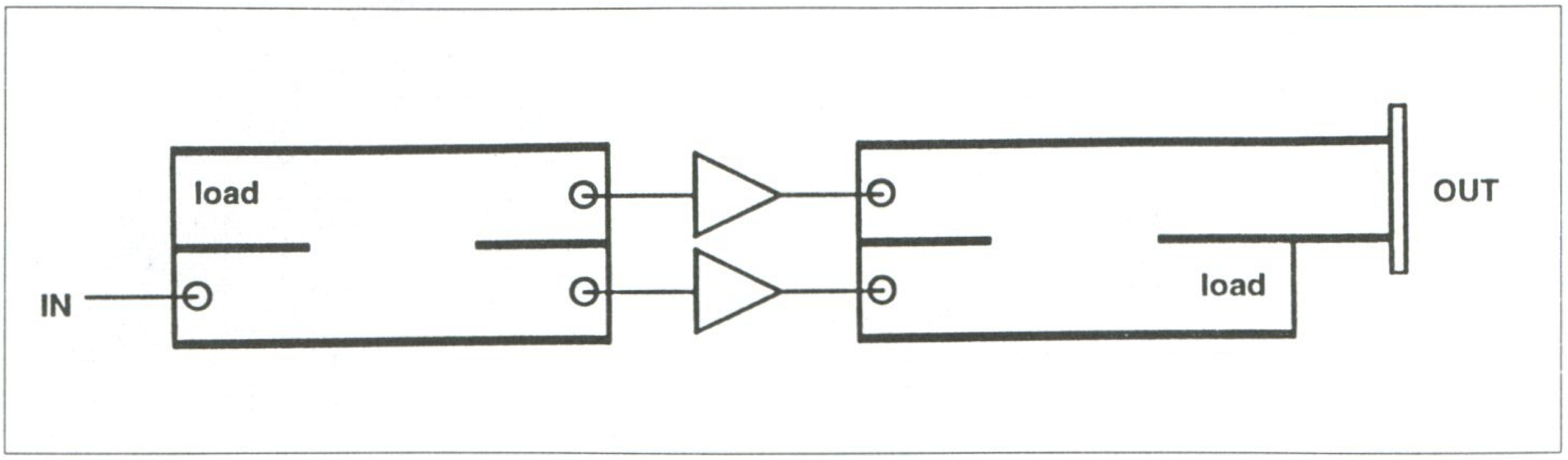


Fig. 6: Balanced Amplifier using Couplers

would be used in place of the inserted load shown in the figure (as would be the case also if the coupler were to be used to drive a dish feed).

The assembly is completed by fitting the load to the isolated port. Two types of load have been used by the author, a piece of lossy rubber (22.5 x 30mm glued to one broad face in the coupled port) or a piece of solid iron loaded absorber cut/filed to the dimensions shown in Fig 5. It was thought that the solid load might have better power handling than the lossy rubber, and this was used in the combining coupler. The lossy rubber load was used in the splitting coupler. I have no information on the material used in the solid load, as it was obtained from a piece of surplus equipment. The dimensions shown were found to be optimum for this material, but may not be correct for other materials and some experimentation may be necessary.

The couplers are arranged as shown in Fig 6 to make the balanced amplifier.

Performance Measurements

Performance of the coupler is shown in Figs 7 to 11.

Fig 12 shows details of the SMA connector launchers used in the transitions.

Finally to check out the performance of the couplers in real life, a balanced amplifier was constructed using two nominally identical solid state amplifiers. One of these had 5W output power at saturation, the other 4.5W. Care was taken in the construction of the short interconnecting cables (.085" semi-rigid coax) to keep them all the same length. The balanced amplifier worked well, with just over 9W output power, and the amplifiers' operating currents etc seemed to be the same as they had been when operated individually.

Although this has not been tried, the couplers should also be suitable for combining TWT amplifiers, and are arguably easier to make than the Magic-T alternative.

Prepared, ready-to-fit SMA connectors and pieces of lossy rubber are available from the Microwave Committee Components Service (Tel +44 1933 411446) [please note change of telephone number owing to changes in the UK network].

Deutsch

Einführung

Dieser Artikel beschreibt einen 3 dB Koppler für 10 GHz. Er wurde entwickelt, um zwei Verstärker in einer symmetrischen Konfiguration, wie in Abb. 1 gezeigt, zu koppeln. Dann erhält nahezu die doppelte Ausgangsleistung. Solche Koppler müssen niedrige Verluste, hohe Isolation und gleiche Amplituden auf den Ein-/Ausgängen haben, um keine unnötigen Verluste zu verursachen. Das vorliegende Design benutzt eine Riblet-Kopplerstruktur, um die gewünschten Eigenschaften über eine brauchbare Bandbreite zu erreichen. Der Phasenunterschied zwischen dén Ausgängen ist ca. 90°. Es ist folglich eine Qudratur-Koppler.

Die niedrigen Verluste und die Phasendrehung von 90 ° machen den Koppler außerdem zur Erzeugung von zirkulärer Polarisation geeignet (Abb. 2). Man kann entweder das RHCP- oder das LHCP-Signal von den Eingängen abgreifen (RHCP=Right Hand Circular Polarized = Im Uhrzeigersinn Zirkular drehend, LHCP = gegen den Uhrzeigersinn). Falls die EME-Leute zirkulare

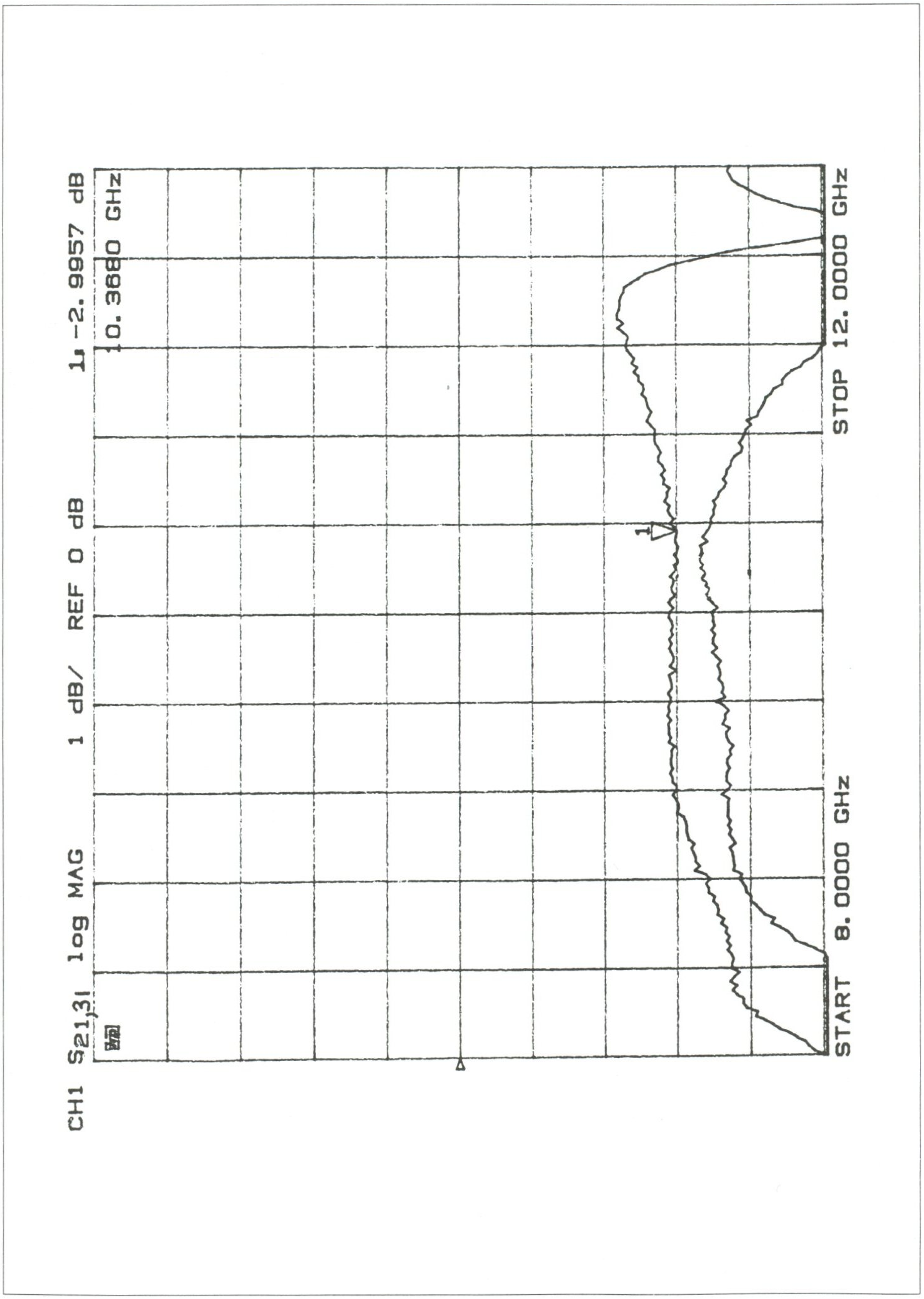


Fig. 7: Amplitude and Phase Balance of one Coupler

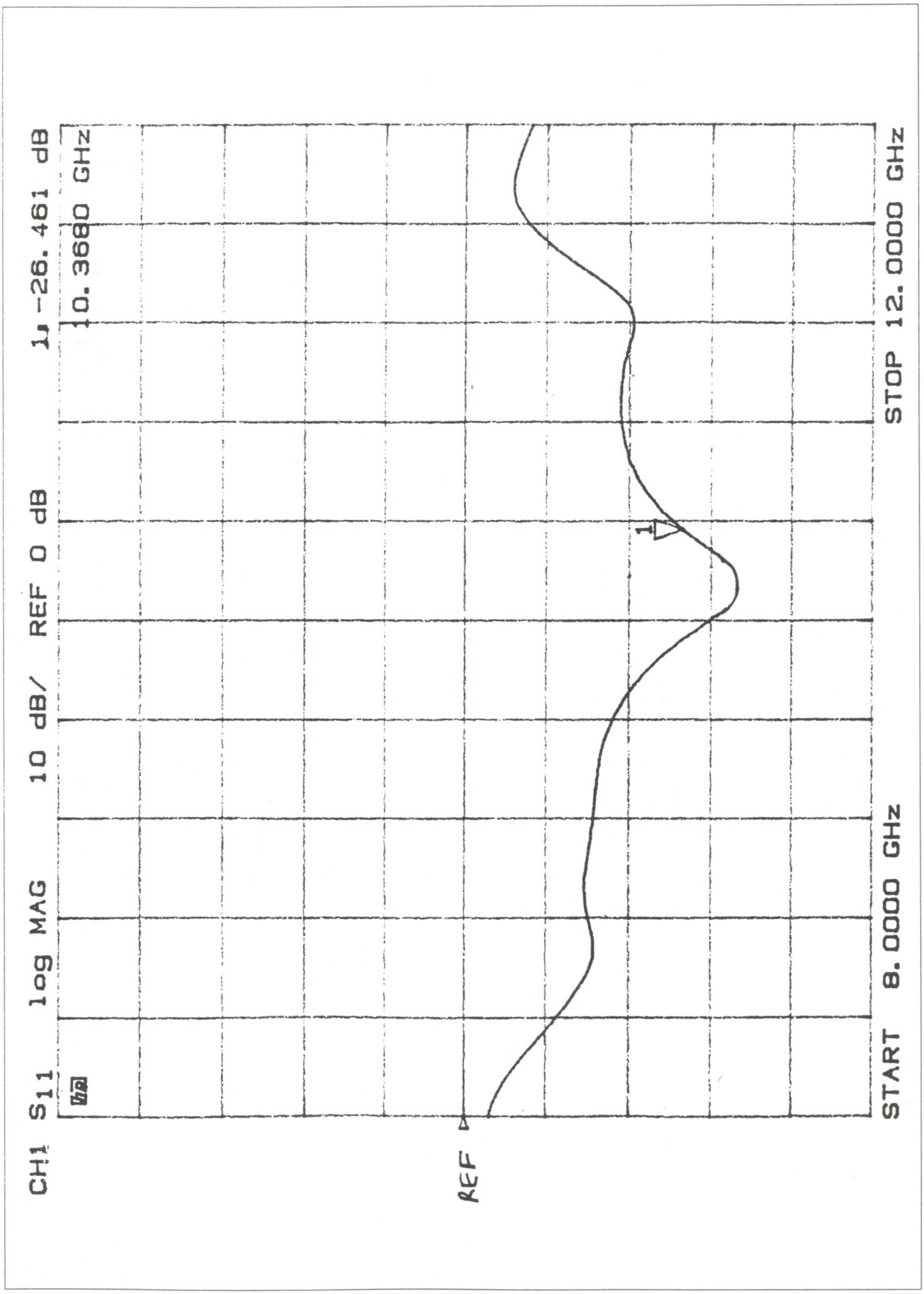


Fig. 8: Measurement Input Return Loss

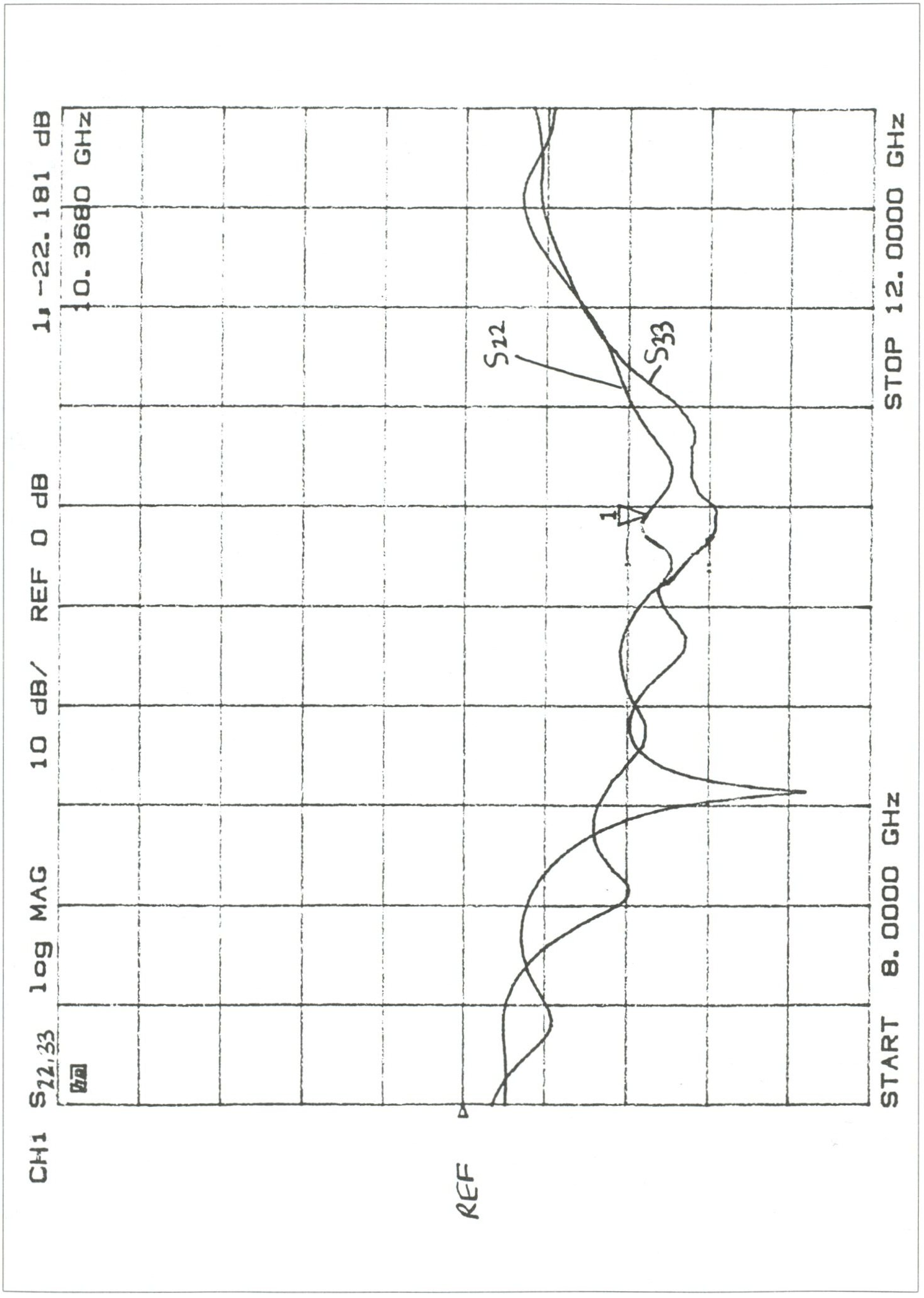


Fig. 9: Measurement Output Return Loss

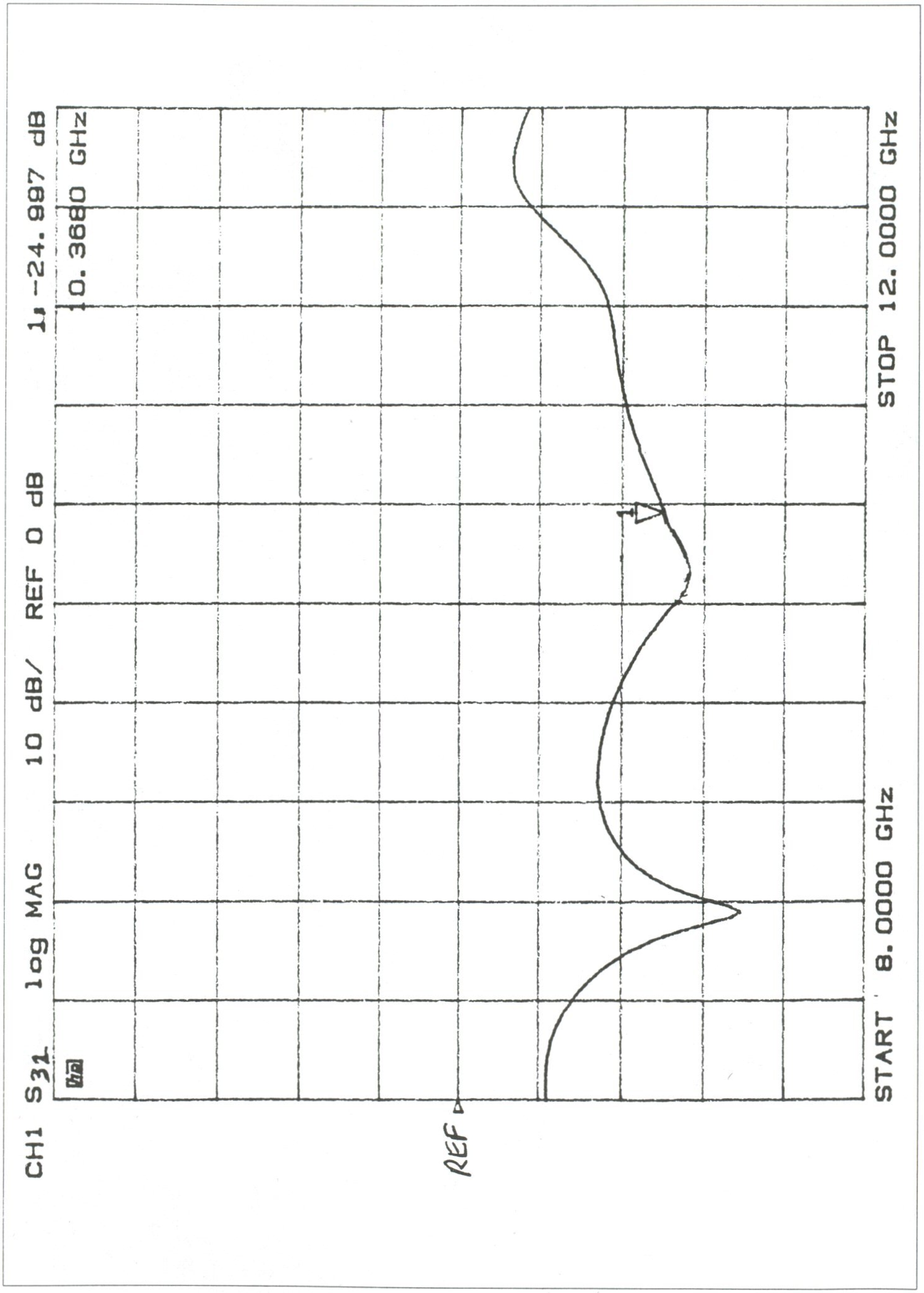


Fig. 10: Measurement Isolation

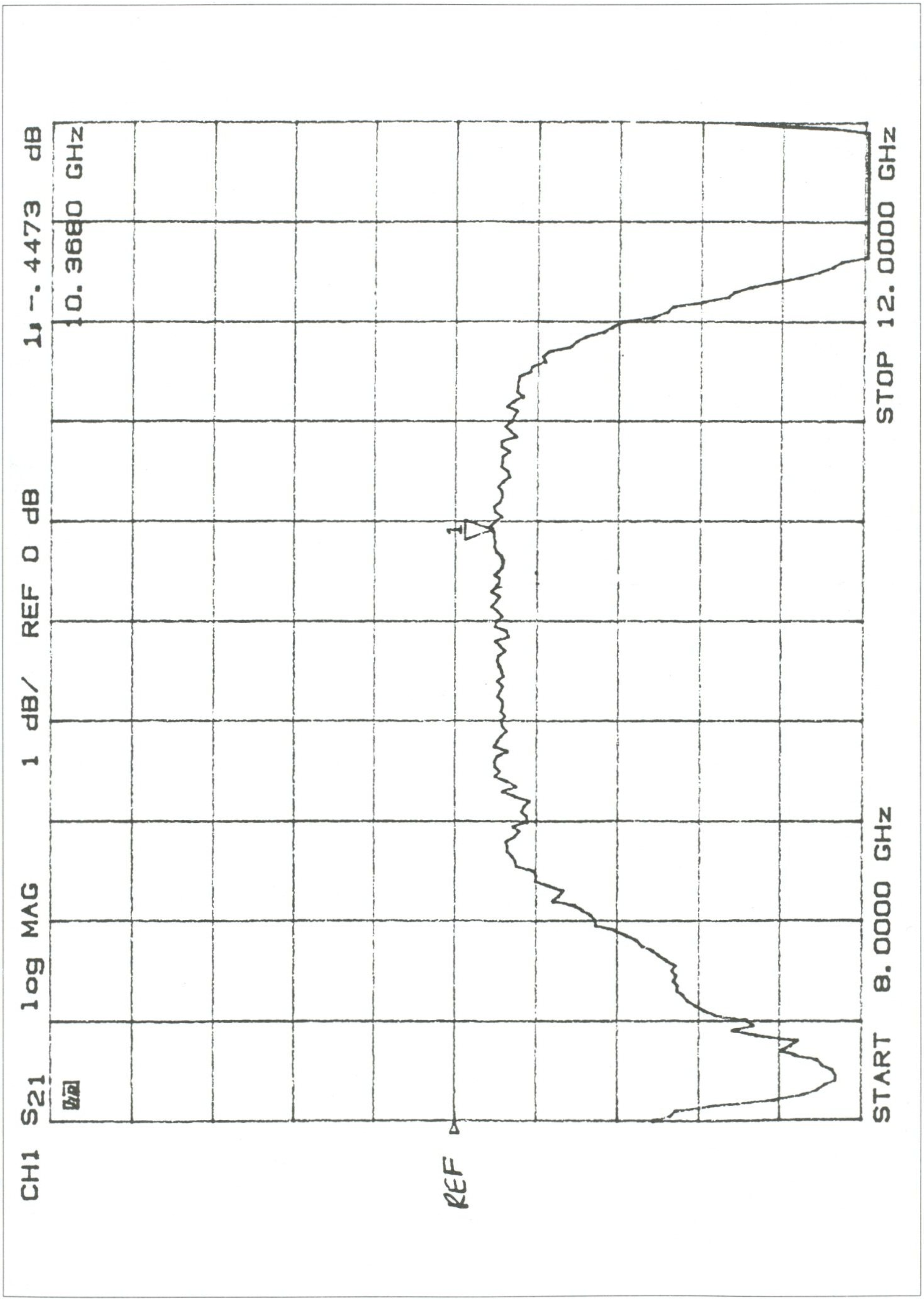


Fig. 11: Measurement Through Loss Two Couplers

Polarisation für die Zukunft als Standard[1] wählen sollten, kann man diese mit einem solchen Koppler einfach erzeugen. Eine dritte Anwendung für einen solchen Koppler ist der Gebrauch als Richtkoppler, um etwa Antennen oder andere Bauelemente zu messen. Eine vierte Anwendung besteht darin, zwei HF-Generatoren rückwirkungsarm, also intermodulationsarm, miteinander zu koppeln, um ein Zweiton-Signal für Messungen zu erzeugen.

Das Design eines bewährten und getesteten SMA-Hohlleiter Übergangs wird in Abb. 12 gezeigt.

Konstruktion

Die Konstruktion des Kopplers ergibt sich aus den Abb. 4 bis 6. Man braucht zur Realisierung Zwei Stücke WR90 Hohlleiter. Man entfernt die Seitenwand eines Stückes auf einer Länge von 41,4 mm. Ebenso schneidet man die breite Seite des zweiten Stücks ab. Die zwei Stücke werden zusammen gelötet. Die Löcher für die SMA-Buchsen werden mit 4,1 mm Durchmesser gebohrt. Die SMA-Buchsen werden mit M2 Schrauben befestigt. Die Kurzschlußplatte (49,53x12,7 mm) wird aufgelötet.

Die Wahl der Anschlüsse, SMA oder Hohlleiter, bleibt dem Nachbauer überlassen.

In Abb. 4 sieht man, daß die SMA-Buchsen 5,85 mm von der Kurzschlußplatte entfernt sind. Falls eine externe Last angewendet wird, wird die interne Last durch eine SMA-Buchse und eine zusätzliche Kurzschlußplatte ersetzt.

Um die Konstruktion zu vervollständigen, muß noch eine 50 Ohm Last am isolierten Tor angebracht werden. Man hat zwei Möglichkeiten: entweder klebt man ein Stück Mikrowellenabsorber (22,5x30 mm) auf der breiten Seite in das isolierte Tor oder man verwendet ein Stück Eisenabsorber, das nach Abb. 5 angefertigt wird. Die zweite Lösung empfiehlt sich für hohe Leistung. Da ich genau weiß, welches Material ich hatte - es stammt aus dem Schrott - muß man eventuell mit den Abmessungen etwas experimentieren.

Meßwerte

Die Leistungsdaten des Kopplers kann man den Abbildungen 7 bis 11 entnehmen. Abb. 12 zeigt den SMA-Hohlleiterübergang.

Um die Koppler zu testen, habe ich eine Zusammenschaltung von zwei 5 W Verstärkern gebaut. Einer hatte 4,5 W und der andere hatte 5 W Leistung auf 10,368 GHz. Die Verbindungsleitung aus 0,085" Semirigid müssen exakt auf gleiche Länge geschnitten werden, da sonst die Phase nicht stimmt. Der gesamte Verstärker hatte 9 W Ausgangsleistung mit etwa den gleichen Betriebsströmen, wie sie bei Einzelbetrieb waren. Obwohl es nicht probiert wurde, kann man die Koppler natürlich auch zum Koppeln von TWT's verwenden.

Teile bekommnt man beim Microwave Committee Components Service (Tel +44 1933 411446).

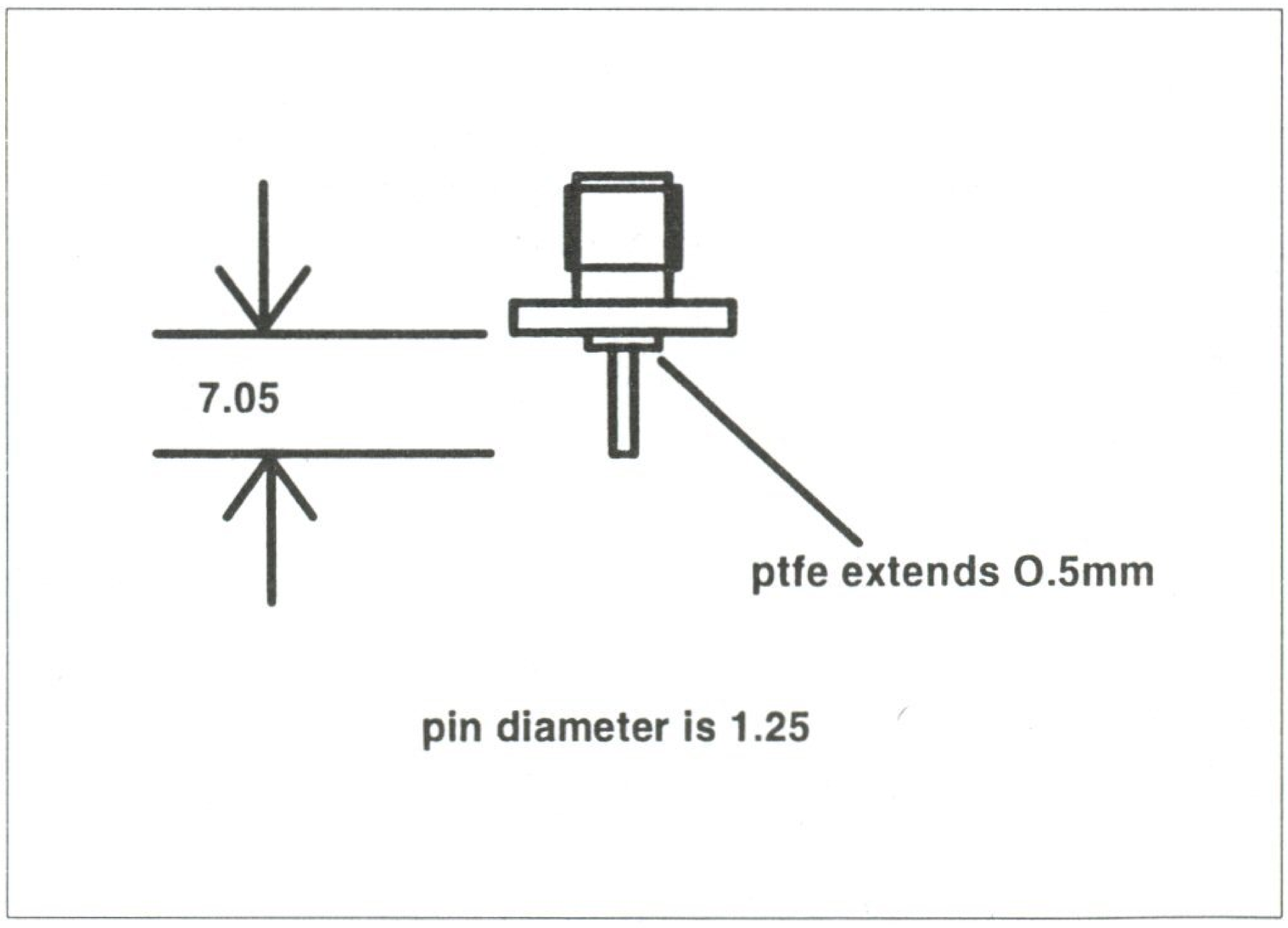


Fig. 12: Details of SMA Launch

1 *Die meisten EME-Amateure benutzen heutzutage aus guten Gründen lineare Polarisation und ich glaube auch nicht, daß sich das ändern wird.*